

## Thin-film deposition apparatus

Patent Number: US2001007246  
 Publication date: 2001-07-12  
 Inventor(s): TAKAGI TOMOKO (JP); UEDA MASASHI (JP)  
 Applicant(s):  
 Requested Patent: JP2001187332  
 Application  
 Number: US20000749681 20001228  
 Priority Number(s): JP19990374422 19991228  
 IPC Classification: C23C16/00  
 EC Classification: C23C16/458D4; C23C16/46; C23C16/509;  
 C23C16/54  
 Equivalents:

### Abstract

Object of the invention is to present a thin-film deposition apparatus comprising a practical means of heating not by the radiation heating, which is suitable for manufacture of solar cells. To accomplish this object, a thin-film deposition apparatus of the invention comprises a deposition chamber which is a vacuum chamber where thin-film deposition is carried out on a substrate at a deposition temperature higher than room temperature, a load lock chamber which is a vacuum chamber where the substrate stays temporarily while it is transferred from an atmosphere to the deposition chamber, and a heat chamber which heats the substrate under atmospheric pressure or a pressure higher than the atmospheric pressure. The heat chamber, the load lock chamber and the deposition chamber are connected directly or indirectly in this order interposing a valve. The heat chamber has a mechanism to heat the substrate supplying gas of a temperature higher than the room temperature by forced convection. The heating mechanism heats the substrate at a temperature higher than the deposition temperature. A temperature-decrease prevention mechanism which prevents the substrate temperature from decreasing lower than the deposition temperature is provided in the load lock chamber

Data supplied from the esp@cenet database - I2

## Description

### BACKGROUND OF THE INVENTION

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-187332

(P2001-187332A)

(43)公開日 平成13年7月10日(2001.7.10)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト*(参考)
B 0 1 J 19/00		B 0 1 J 19/00	K 4 G 0 7 5
3/00		3/00	M 4 K 0 3 0
3/02		3/02	N 5 F 0 4 5
C 2 3 C 16/46		C 2 3 C 16/46	5 F 0 5 1
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-374422

(22)出願日 平成11年12月28日(1999. 12. 28)

(71)出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72)発明者 上田 仁

東京都府中市四谷5丁目8番1号アネルバ株式会社内

(72)発明者 高木 朋子

東京都府中市四谷5丁目8番1号アネルバ株式会社内

(74)代理人 100097548

弁理士 保立 浩一

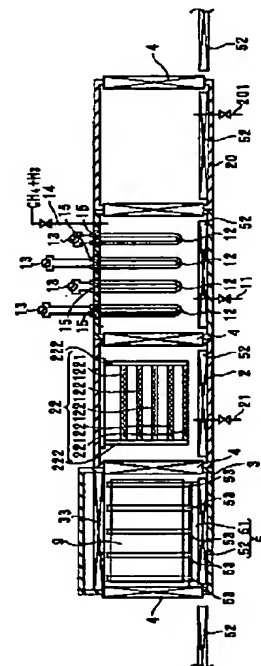
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 薄膜作成装置

(57)【要約】

【課題】 輻射加熱によらない実用的な加熱の構成を備えた優れた薄膜作成装置を提供する。

【解決手段】 基板9を成膜温度以上に加熱する加熱チャンバー3と、ロードロックチャンバー2と、基板9の表面に所定の薄膜を作成する成膜チャンバー1とがゲートバルブ4を介在させながらこの順で気密に接続されている。加熱チャンバー3は強制対流により基板9を加熱するものであり、加熱機構31が熱源311を通して送風機316によって送風することにより高温気体を基板9に供給して加熱する。加圧用ガス供給系32が加熱チャンバー3内を加圧して大気圧より高い圧力とする。ロードロックチャンバー2内では、輻射加熱ランプ221よりなる温度低下防止機構22が基板9を加熱して基板9が成膜温度以下になるのを防止する。基板9は、太陽電池製造用である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、バルブを介してこの成膜チャンバーに対して直接又は間接的に接続された加熱チャンバーとを備えており、加熱チャンバーは、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであり、室温より高い所定の高温の気体を強制対流により基板の表面に供給して基板を加熱する加熱機構を備えていることを特徴とする薄膜作成装置。

【請求項2】 前記加熱機構は、前記成膜温度又はそれより高い温度に前記基板を加熱するものであることを特徴とする請求項1記載の薄膜作成装置。

【請求項3】 基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、成膜チャンバーと大気側との間で基板の出し入れが行われる際に基板が一時的に滞留する真空チャンバーであるロードロックチャンバーと、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板を加熱する加熱チャンバーとを備え、加熱チャンバー、ロードロックチャンバー及び成膜チャンバーがバルブを介在させながらこの順で直接又は間接的に接続されており、前記加熱チャンバーは、前記成膜温度又はそれより高い温度に基板を加熱する加熱機構を備えていることを特徴とする薄膜作成装置。

【請求項4】 前記ロードロックチャンバーには、基板が前記成膜温度より低い温度になるのを防止する温度低下防止機構が設けられていることを特徴とする請求項3記載の薄膜作成装置。

【請求項5】 前記基板は、太陽電池製造用の基板であることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の薄膜作成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願の発明は、太陽電池等の製造に好適に使用される薄膜作成装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】基板の表面に薄膜を作成する薄膜作成装置は、各種LSI（大規模集積回路）等の電子デバイスや液晶ディスプレイ等の表示装置の製造に盛んに使用されている。また、太陽電池の製造においても、薄膜作成装置が使用されることがある。太陽電池は、電卓用等として実用化されて久しいが、エネルギー問題の高まりを背景として、通産省のニューサンシャイン計画等に見られるように太陽光発電用としての利用が非常に注目されている。太陽電池には、大きく分けてシリコン系のものと化合物半導体系のものがある。このうち、シリコン系太陽電池には、シリコン単結晶やシリコン多結晶やシリコン多結晶等の結晶系のものもあるが、近年アモルファ

ス系のものの実用化が精力的に行われている。アモルファス系の太陽電池は、結晶系のものに比べ、光吸収率が高いため半導体層を薄くでき、製造コストも比較的安価にできるからである。また、結晶系の場合、原料である結晶シリコンに限りがあるのに対し、アモルファス系はガスを原料に用いるため、無くなる心配がない。

【0003】アモルファス系の太陽電池を製造する場合、ガラス、金属又は樹脂等で形成された基板の上に薄膜を作成する工程が必要であり、薄膜作成装置が使用される。典型的なアモルファス系太陽電池であるアモルファスシリコン太陽電池を製造する場合、シランと水素の混合ガスを使用したプラズマ化学蒸着（CVD）の手法が多く採用される。例えば、シランと水素の混合ガスに高周波放電を生じさせ、シランの分解を利用して基板の表面に水素化アモルファスシリコン膜を作成する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したような薄膜作成装置において、成膜の際に維持すべき基板の温度（以下、成膜温度）は、室温より高い場合が多い。CVDによる成膜の場合、最終的な反応を基板の表面の熱により生じさせたり、又は、成膜速度や膜質を向上させたりする目的で、成膜温度は室温より高い所定の温度に設定される。この場合、成膜に先だって基板を加熱する工程が必要になる。

【0005】基板加熱のための構成としては、通常、内部に輻射加熱ランプを備えた加熱チャンバーが用意される。加熱チャンバーは、バルブを介して成膜チャンバーに気密に接続される。加熱チャンバー内で基板は真空雰囲気において成膜温度まで加熱され、成膜チャンバーに搬送されて成膜される。輻射加熱を採用するのは、薄膜作成装置内の環境が、対流加熱や伝導加熱が期待できない10Pa程度以下の真空圧力下であることが多いという理由による。尚、成膜チャンバー内が直接大気に開放されないよう、成膜チャンバーにはロードロックチャンバーが接続されることが多い。そして、ロードロックチャンバー内に輻射加熱ランプを設けてロードロックチャンバーを加熱チャンバーに兼用する場合もある。

【0006】しかしながら、上述した輻射加熱方式の場合、以下のような問題がある。まず、輻射加熱方式の場合、他の方式に比べ加熱効率があまり良くなく、ランニングコストが高いという問題がある。また、電力用太陽電池の製造の場合のように、基板が大型化すると、大きな輻射加熱ランプを多く使用しなければならず、装置コストの上昇が顕著になる。さらに、電力用太陽電池の場合、一つの太陽電池が産出する電力よりも充分に小さい電力でその太陽電池を製造するというエネルギーペイバックタイム短縮の問題も考慮しなければならない。この点、輻射加熱方式の場合、製造の際の消費電力が大きくなり易く、この要請に見合わない。

【0007】また、輻射加熱方式の場合、輻射を受けた

瞬間に基板の温度が急激に上昇するため、温度をフィードバック制御した場合のオーバーシュートの問題がある。即ち、目標温度を遥かに越えた後に目標温度に落ち着く温度変化となる。このようなオーバーシュートがあると、急激な熱応力が基板に与えられるため、最悪の場合には基板の変形や破損、応力の残留等を生ずる恐れがある。

【0008】さらに、加熱の際の基板の温度制御の精度を向上させることが膜質の維持や再現性の確保の上で重要であるが、輻射加熱の場合、加熱温度を精度よく制御することが難しい。高精度制御のためには、性能のよい放射温度計を用いて基板の温度を計測することが好ましいが、輻射加熱されている基板からは、温度固有の輻射線の他、基板の表面に反射した輻射線も放出されるため、精度よく基板の温度を計測するのは困難である。尚、熱電対を用いて基板の温度を計測することもできるが、基板の表面に熱電対を接触させることができない場合が多く、高精度の温度計測は難しい。特に、基板が真空雰囲気配置される場合、対流による雰囲気温度の均一化が期待できないため、基板と熱電対の接触点との温度差が生じやすく、計測精度が低下する。

【0009】さらに、輻射加熱方式は、太陽電池製造等においては本質的な問題がある。即ち、太陽電池の構造においては、光起電力層の少なくとも一方の側には光透過性の電極が必要となる。例えば、アモルファスシリコン太陽電池の製造では、TCO (Transparent conductive oxide, 透光性導電性酸化物) 膜が基板の表面に形成されており、この上にアモルファスシリコン系膜を作成することが多い。ここで問題なのは、TCO膜は殆どの場合赤外線反射率が非常に高いという性質があることである。このため、TCO膜付きの基板に対しては輻射加熱によって充分効率良く加熱することは本質的に不可能である。輻射加熱によらない構成として、基板の裏面に熱伝導性の良い板（以下、裏板と称す）を接触させ、裏板を加熱することで裏板を介して基板を伝導加熱する構成がある。しかしながら、この構成は、エネルギーペイバックタイムの問題等を考慮して裏板を使用しない場合には適用不可能である。また、裏板の基板に対する接触性を良好にかつ均一に行うことは困難であり、均一で効率の良い加熱が行えない欠点がある。

【0010】そして、裏面の側からのみ加熱される構成では、基板の厚さが厚くなると、基板の厚さ方向で温度差が生じやすく、必要な温度に達する前に基板に熱変形等が生じてしまう恐れもある。基板の表と裏の両側から輻射加熱する方法もあるが、この方法でも、表面がTCO膜であって殆ど赤外線を吸収しないため、両側からの加熱のバランスを取ることが非常に難しい。特に、基板を真空中に配置して加熱する構成でこれを行うと、対流と伝導による熱の伝達が期待できないため、表裏からバランス良く加熱することは殆ど不可能である。

【0011】本願の発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、輻射加熱によらない実用的な加熱の構成を備えた優れた薄膜作成装置を提供するという技術的意義を有する。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、バルブを介してこの成膜チャンバーに対して直接又は間接的に接続された加熱チャンバーとを備えており、加熱チャンバーは、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであり、室温より高い所定の高温の気体を強制対流により基板の表面に供給して基板を加熱する加熱機構を備えているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記加熱機構は、前記成膜温度又はそれより高い温度に前記基板を加熱するものであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、成膜チャンバーと大気側との間で基板の出し入れが行われる際に基板が一時的に滞留する真空チャンバーであるロードロックチャンバーと、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板を加熱する加熱チャンバーとを備え、加熱チャンバー、ロードロックチャンバー及び成膜チャンバーがバルブを介在させながらこの順で直接又は間接的に接続されており、前記加熱チャンバーは、前記成膜温度又はそれより高い温度に基板を加熱する加熱機構を備えているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、前記請求項3の構成において、前記ロードロックチャンバーには、基板が前記成膜温度より低い温度になるのを防止する温度低下防止機構が設けられているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、前記請求項1、2、3又は4の構成において、前記基板は、太陽電池製造用の基板であるという構成を有する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。図1は、本願発明の実施形態の薄膜作成装置の概略構成を示す正面断面図である。図1に示す薄膜作成装置は、基板9を室温より高い成膜温度にして成膜を行う成膜チャンバー1と、成膜チャンバー1と大気側との間で基板9の出し入れが行われる際に基板9が一時的に滞留するロードロックチャンバー2及びアンロードロックチャンバー20と、大気圧より高い圧力下で基板9を加熱する加熱チャンバー3とを備えている。加熱チャンバー3、ロードロックチャンバー2、成膜チャンバー1及びアンロードロックチャンバー20は、バルブ4を介在させながらこの順で直接的に気密に接続されて

いる。また、大気側及び各チャンバー3, 2, 1, 20間で基板9を搬送する搬送機構5が設けられている。尚、バルブ4は、各チャンバー3, 2, 1, 20の境界部分に設けられた基板搬送用の開口を開閉する構成である。このバルブ4には、真空管路が直線状になっているところで用いられるバルブで開いたときに障害物が管路の残らないタイプのバルブであるゲートバルブが適している。

【0014】成膜チャンバー1、ロードロックチャンバー2及びアンロードロックチャンバー20は、真空チャンバーであり、専用の排気系11, 21, 201を備えている。加熱チャンバー3は、気密なチャンバーではあるが、真空チャンバーではなく、排気系は備えていない。

【0015】図1及び図2を使用して、搬送機構5の構成について説明する。図2は、搬送機構5の構成を説明する側面概略図である。搬送機構5は、ラックアンドピニオン機構より成るものであり、下面にラック50を備えた水平な姿勢のラック板51と、ラック板51を水平方向（図2の紙面垂直方向）に移動させるピニオン機構52とから主に構成されている。ピニオン機構52は、ラック50に噛み合う複数のピニオン521と、各ピニオン521を回転させてラック板51を水平方向に移動させるモータ522等から構成されている。また、ラック板51の移動をガイドするリニアガイド54が設けられている。

【0016】ラック板51には、図1及び図2に示すように、複数の支柱53が立てて設けられている。各支柱53には、不図示のフックが設けられており、このフックに係止された状態で基板9が各支柱53に保持されるようになっている。複数のピニオン521は、所定間隔をおいて搬送方向に沿って設けられている。図1に示すように、ピニオン機構52は、一方の大気側、加熱チャンバー3内、ロードロックチャンバー2内、成膜チャンバー1内、アンロードロックチャンバー20、及び、他方の大気側に設けられている。各ピニオン機構52が順次動作し、ラック板51が、一方の大気側、加熱チャンバー3、ロードロックチャンバー2、成膜チャンバー1、アンロードロックチャンバー20、他方の大気側の順に移動するようになっている。

【0017】尚、図1及び図2から解るように、ラック板51は長方形であり、ラック板51の長さ方向が搬送方向になっている。また、基板9も長方形であり、板面が垂直な姿勢であるとともに、その長さ方向が搬送方向に向いた姿勢で保持されるようになっている。図2に示すように、本実施形態では、六枚の基板9を並べて一括して保持するようになっている。上記ラック板51の移動の際、各支柱53に保持されている六枚の基板9も同時に移動して搬送されるようになっている。尚、搬送機構5を一部チャンバー1, 2, 3, 20外に配置する構

成もある。例えば、チャンバー1, 2, 3, 20の壁を通して磁気カップリングする機構を採用し、基板9を保持する部材を大気側から駆動して動かすようにする。これによると、塵埃等の生じ易い機構をチャンバー1, 2, 3, 20外に置けるので好適である。

【0018】次に、成膜チャンバー1の構成について、図1及び図3を使用して説明する。図3は、成膜チャンバー1の側面概略図である。本実施形態では、成膜チャンバー1は高周波プラズマCVD法によりアモルファスシリコン膜を作成する構成となっている。具体的に説明すると、成膜チャンバー1は、その内部に設けられた高周波電極12と、高周波電極12に高周波電圧を印加する高周波電源13と、内部にシランと水素の混合ガスを導入するガス導入系14等を備えている。

【0019】高周波電極12は、成膜チャンバー1の上壁部から下方に延びるアンテナ状のものであり、複数設けられている。各高周波電極12は、棒状の金属製部材をU字状に丸めた形状である。各高周波電極12は、両端が成膜チャンバー1の上壁部に設けられた絶縁ブロック15に気密に固定されている。そして、この両端部が高周波電源13に接続されている。

【0020】シランと水素の混合ガスがガス導入系14によって導入されている状態で、高周波電源13が高周波電極12に高周波電圧を印加すると、混合ガスに高周波放電が生じてプラズマが形成される。プラズマ中ではシランが分解し、成膜チャンバー1内の所定位置に搬入されている各基板9の両面（表と裏）に、水素化アモルファスシリコン膜が堆積する。

【0021】さて、本実施形態の大きな特徴点は、加熱チャンバー3の構成にある。以下、この点について図4を使用して説明する。図4は、加熱チャンバー3の側面概略図である。本実施形態の装置の大きな特徴点の一つは、ロードロックチャンバー2に加熱のための機構を設けず、別に加熱チャンバー3を設け、これに加熱機構31を備えた点である。また、本実施形態の別の大きな特徴点は、加熱チャンバー3は大気圧より高い圧力で基板9を加熱するものであるとともに、強制対流によって基板9を加熱するようになっている点である。

【0022】より具体的に説明すると、加熱チャンバー3は、大気側との境界部分と、ロードロックチャンバー2との境界部分のそれぞれにバルブ4を備えている。加熱チャンバー3には、圧縮空気又は乾燥空気を送り込んで加圧する加圧用ガス供給系32が設けられている。また、加熱チャンバー3に設けられた加熱機構31は、熱源311と、熱源311を通る通風路を形成する複数の通風板312, 313, 314, 315と、通風路に沿って送風するよう設けられた送風機316とから主に構成されている。熱源311には、本実施形態では、ボイラに使用される燃焼装置のようなエネルギー効率が良いものが使用されている。熱源311は、都市ガスを原料

としており、4000ジュール/秒(60000Kcal/時)程度の熱を発生させるようになっている。

【0023】送風機316には、遠心カターボファンが使用されている。複数の通風板312, 313, 314, 315は、基板9が配置される領域と熱源311等が設けられた領域とを区画する第一の通風板312と、第一の通風板312とともに熱源311を挟む第二の通風板313と、第一の通風板312の上端と第二の通風板313の上端との間を塞いだ第三の通風板314と、第二の通風板313の下端と加熱チャンバー3の器壁との間を塞いだ第四の通風板315とからなっている。第二の通風板313には、風穴317が設けられている。送風機316は、加熱チャンバー3の側壁部に固定されており、風穴317とはほぼ同じ高さの位置に位置している。送風機316が動作すると、熱源311を通過して熱風となった風が風穴317を通して吸い込まれ、上方に向けて送り出されるようになっている。

【0024】また、基板9が配置される領域の上側には、フィルタ33が設けられている。フィルタ33は、その下面において第三の通風板314との面一になるように設けられている。フィルタ33は、通路を横断する状態である。送風機316によって送りだされた熱風は、第三の通風板314と加熱チャンバー3の上壁部との間を通り、フィルタ33の上方に達する。そして、熱風は、加熱チャンバー3の壁面に衝突しながらフィルタ33を通過して下方に送られ、基板9に到達して基板9を加熱するようになっている。フィルタ33は、基板9の汚損等を防止する目的で設けられている。フィルタ33には、250℃程度の耐熱性を有するHEPAフィルタ(High Efficiency Particle Air-filter)が好適に用いられる。また、加熱チャンバー3の壁部には、断熱材が必要に応じて設けられる。

【0025】尚、図4中矢印で示すように、熱風は、上から下に流れて基板9を加熱する。その後、風は加熱チャンバー3の下壁部等に衝突しながら第一の通風板312と第二の通風板313との間の通路に達する。そして、再び熱源311を通ることでその温度が上昇し、送風機316によって再び送り出されるようになっている。ラック板51やピニオン機構52は、必要に応じて熱風が通過し易い構成とされる。

【0026】このような加熱機構31により、基板9は成膜温度より高い所定の温度に加熱されるようになっている。加熱の一例について説明すると、例えば、成膜が前述したようなアモルファスシリコンの成膜である場合、成膜温度は200℃程度とされる。この場合、基板9は加熱チャンバー3で230℃程度まで加熱される必要がある。熱風の温度が250℃、基板9の表面付近における風量が100立方メートル/分程度になるように加熱機構31を構成すると、10～15分程度で基板9をこの程度の温度まで加熱できる。

【0027】一方、本実施形態におけるロードロックチャンバー2には、基板9の温度が成膜温度以下に低下するのを防止する温度低下防止機構22が設けられている。この点について、図1及び図5を使用して説明する。図5は、ロードロックチャンバー2の側面概略図である。

【0028】温度低下防止機構22としては、本実施形態では、複数の輻射加熱ランプ221が使用されている。輻射加熱ランプは、ハロゲンランプのようなフィラメントランプであり、棒状である。各輻射加熱ランプは、水平な姿勢で上下に並べられており、給電線が内部に設けられた保持棒222によって両端を一括して保持されたものが一つのセットになっている。このようなセットが、ロードロックチャンバー2に搬入された各基板9の間、基板9とロードロックチャンバー2の壁面との間の一つずつ位置するよう設けられている。

【0029】前述した通り、基板9がTCO膜付きである場合のように赤外線の吸収率が非常に低い場合、輻射加熱ランプ221による基板9の加熱は困難である。しかしながら、本実施形態では、加熱チャンバー3の加熱機構31が基板9を成膜温度以上に加熱するものであるため、ロードロックチャンバー2における加熱は補助的である。つまり、ロードロックチャンバー2内に滞留する間に成膜温度より低くならない程度に加熱すればよい。従って、本実施形態では、ロードロックチャンバー2における温度低下防止機構22として、輻射加熱ランプ221による加熱の構成を採用している。

【0030】より具体的な例について説明すると、前述した例のように加熱チャンバー3内で基板9が230℃程度まで加熱され、成膜温度が200℃程度であり、ロードロックチャンバー2内に基板9が9分程度滞留する場合、温度低下防止機構22としての輻射加熱ランプ221は、1kW程度のものが一枚の基板9につき15本程度使用される。尚、ロードロックチャンバー2内の圧力は、1Pa程度である。

【0031】輻射加熱ランプ221による加熱量は、加熱チャンバー3での加熱温度との兼ね合いで適宜選定されることは言うまでもない。基板9が加熱チャンバー3から成膜チャンバー1に搬送される際に熱放散によって徐々に温度低下する分と、ロードロックチャンバー2内の温度低下防止機構22としての輻射加熱ランプに221によって加熱される分とを考慮し、成膜チャンバー1に到達した際に基板9の温度が丁度成膜温度になっているようにすることが好ましい。

【0032】次に、本実施形態の装置の全体の動作について概略的に説明する。まず、未成膜の基板9は、大気側に設けられた不図示のプラットホームにおいてラック板51にセットされ、各支柱53に保持される。搬送機構5が動作し、加熱チャンバー3の大気側のバルブ4が開けられ、基板9が加熱チャンバー3に搬送される。加



熱チャンバー3内は、加圧用ガス供給系32によって大気圧より少し高い圧力に常時維持されている。バルブ4を閉じた後、送風機316が動作して加熱チャンバー3内のガスを強制対流させ、基板9を加熱する。尚、熱源311は、装置の稼働中は常時動作させておく。送風機316についても、常時動作としてもよい。

【0033】基板9を所定の温度に加熱した後、加圧用ガス供給弁32を閉じて、開放弁34を開き、そして、加熱チャンバー3とロードロックチャンバー2の間のバルブ4を開けて基板9をロードロックチャンバー2に搬送する。その後、加熱チャンバー3とロードロックチャンバー2の間のゲートバルブ4を閉じ、ロードロックチャンバー2を排気系21により所定の真空圧力まで排気した後、ロードロックチャンバー2と成膜チャンバー1の間のバルブ4を開けて基板9を成膜チャンバー1に搬送する。次に、バルブ4を閉じ、前述したように成膜チャンバー1内で基板9に成膜処理が行われる。成膜処理が終了した後は、基板9は、アンロードロックチャンバー20を経由して大気側に搬出される。そして、不図示のプラットホームにおいてラック板51の各支柱53から取り外される。

【0034】上記構成及び動作に係る本実施形態の装置によれば、加熱チャンバー3に設けられた加熱機構31が、輻射加熱ではなく強制対流により基板9を加熱するので、エネルギー効率がよく、装置のランニングコストが安いというメリットがある。特に、エネルギーペイバックタイム短縮が要請される電力用太陽電池の製造用には、本実施形態の装置は特に適している。また、輻射加熱ではないので、TCO膜付き基板9のように赤外線の吸収が少ない場合にも問題なく十分に加熱することができ、この点も、本実施形態の装置が太陽電池の製造用に適している別の理由である。そして、輻射加熱のように基板9が急激に加熱されることはない、オーバーシュートの問題や基板9の熱変形の問題も生じない。さらに、放射温度計を用いて基板9の温度を高精度に計測することも可能であり、基板9の温度制御も充分に行える。

【0035】また、加熱チャンバー3で成膜温度より高い温度に加熱してしまう構成も、エネルギー効率を高めるのに貢献している。即ち、加熱チャンバー3で成膜温度より低い途中の温度まで加熱し、成膜チャンバー1又はロードロックチャンバー2で成膜温度まで加熱するようにすることは可能である。しかしながら、成膜チャンバー1やロードロックチャンバー2は真空チャンバーであり、対流加熱により効率良く加熱することは困難である。従って、輻射加熱にならざるを得ない。この場合、前述したようにエネルギー効率が悪く、TCO膜付き等である場合には表側からの加熱は本質的に不可能である。一方、本実施形態のように、加熱チャンバー3で成膜温度以上に加熱するようにすれば、効率の悪い加熱を

行う必要はなく、またTCO膜付き等である場合も充分に加熱が行える。

【0036】また、加熱チャンバー3で基板9が成膜温度以上に加熱された後、ロードロックチャンバー2を経て成膜チャンバー1に搬送される構成は、膜質を向上させる技術的意義を有する。即ち、加熱チャンバー3で基板9を加熱することは、基板9の吸着ガスを充分に放出させる技術的意義がある。基板9は、水等のガスを吸着している。充分に脱ガスが完了していない基板9に成膜を行うと、吸着ガスが急減に放出され、作成された膜中に放出ガスが取り込まれて不純物となったり、ガスの放出によって気泡等の形状欠陥を生ずる恐れがある。成膜前に基板9を加熱すると、吸着ガスが充分に放出されるので、このような問題が抑制される。

【0037】ここで、吸着ガスの放出量は、基板9が加熱される温度の高さと、その温度に維持される時間に依存している。本実施形態の構成では、加熱チャンバー3で成膜温度以上に加熱され、その温度がほぼ維持された状態でロードロックチャンバー2を経由して成膜チャンバー1に搬送される。従って、成膜チャンバー1に搬送されるまでには吸着ガスが充分に放出された状態となる。一方、ロードロックチャンバー2内のみでの加熱により吸着ガスを放出させる構成であると、高温状態の保持時間が短くなり、吸着ガスの放出が前述した構成に比べ不十分となる。充分な吸着ガスの放出を行うためには長時間を要し、結果的に生産性の低下及びランニングコストの上昇を招くため、好ましくない。

【0038】また、ロードロックチャンバー2内に温度低下防止機構22が設けられている構成は、加熱チャンバー3における加熱の温度をあまり高くする必要を無くすという技術的意義をもたらす。温度低下防止機構22がないと、ロードロックチャンバー2における温度低下を見込んで、かなり高い温度に加熱チャンバー3で加熱する必要が生ずる。この構成では、場合によっては加熱チャンバー3における加熱に長い時間を要したり、加熱機構31が大がかりになったりすることがある。それよりは、ロードロックチャンバー2に温度低下防止機構22を設けた方が、装置のコストとして安価であったり、ランニングコストが安くなったりすることがある。

【0039】さらに、加熱チャンバー3が薄膜作成装置の一部として設けられている構成、即ち、加熱チャンバー3と成膜チャンバー1とが、直接又は間接的に接続されている構成は、加熱チャンバー3から成膜チャンバー1への基板9の搬送の際の基板9の汚損が抑制されるという技術的意義をもたらす。即ち、加熱チャンバー3から成膜チャンバー1への搬送の際、基板9が一旦装置から取り出される構成であると、基板9の表面にゴミ等が付着して表面が汚損される恐れが高い。本実施形態のように、加熱チャンバー3が成膜チャンバー1に対して直接又は間接的に接続されている構成では、このような汚

損の恐れは低い。

【0040】上述したように、本実施形態の装置は、搬送ロボットを内部に設けた搬送チャンバーの周りにロードロックチャンバー2、加熱チャンバー3、成膜チャンバー1等の気密に接続したクラスターツール型のレイアウトを採用することも可能である。

【0041】また、本実施形態では、加熱チャンバー3において基板9が成膜温度より高い温度まで加熱される構成であったが、丁度成膜温度まで加熱される構成でもよい。さらに、加熱チャンバー3内の圧力は大気圧より少し高い圧力に維持されたが、大気圧と同程度でもよい。大気圧より高い圧力にすることで、加熱チャンバー3内にゴミが進入しづらいという技術的意義がある。尚、圧縮空気や乾燥空気に代え、窒素等の不活性ガスを供給して大気圧以上の圧力とする場合もある。

【0042】また、本実施形態では、ロードロックチャンバー2内の温度低下防止機構22として輻射加熱ランプを使用した。セラミックヒータ等でもよい。また、加熱チャンバー3内で成膜温度より充分に高い温度まで加熱することで、ロードロックチャンバー2内での加熱を一切しない構成とすることもできる。さらに、ロードロックチャンバー2に特別の断熱機構を設けて温度低下防止機構22としてもよい。

【0043】成膜処理の種類としては、前述した水素化アモルファスシリコン膜の作成の他、フッ素化アモルファスシリコン膜のような他のアモルファスシリコン系薄膜の作成、アモルファスシリコンカーバイド膜、アモルファスシリコンゲルマニウム膜の作成等を挙げることができる。尚、前記薄膜にリンやホウ素をドーピングしたものも含む。

【0044】また、本実施形態の装置は、太陽電池製造用以外にも、液晶ディスプレイや情報記録ディスクの製造用等にも適用することができる。例えば、液晶ディスプレイの駆動電極用薄膜を作成するのに、本願発明のような加熱の構成を採用することができる。特に、カラーフィルタが形成された基板9の表面にスパッタリング法によりスズ・ドーパ酸化インジウム(ITO)を成膜する場合等には、カラーフィルタは多くの水を含んでいるため、充分なガス放出が必要である。従って、ガス放出が効果的に行える本実施形態の装置の構成が効果的である。

【0045】尚、成膜チャンバー1の構成は、成膜プロセスの種類に応じて最適化される。即ち、誘導性結合ではない容量性結合の高周波プラズマCVDの構成としたり、直流放電プラズマの構成としたり、CVD以外のスパッタリングやイオンビーム蒸着等の物理蒸着の構成としたりすることがある。

【0046】

【発明の効果】以上説明した通り、本願の請求項1記載の発明によれば、加熱チャンバーにおいて輻射加熱では

なく強制対流により基板を加熱するので、エネルギー効率がよく、装置のランニングコストが安いというメリットが得られる。特に、エネルギーペイバックタイム短縮が要請される電力用太陽電池の製造用に特に適している。また、TCO膜付き基板のように赤外線の吸収が少ない場合にも問題なく充分に加熱ことができる。そして、輻射加熱のような基板の温度のオーバーシュートや基板の熱変形の問題は生じない。また、請求項2記載の発明によれば、上記効果に加え、加熱チャンバーで成膜温度以上に基板が加熱されるので、効率の悪い加熱を行う必要がなく、全体としてのエネルギー効率がさらに高くなるという効果が得られる。また、請求項3記載の発明によれば、加熱チャンバーで基板が成膜温度以上に加熱された後にロードロックチャンバーで滞留し、その後基板が成膜チャンバーに搬送されるので、基板の吸着ガスの放出が充分となり、成膜の品質が向上するという効果が得られる。また、請求項4記載の発明によれば、上記効果に加え、成膜温度より低い温度に基板がなるのを防止する温度低下防止機構がロードロックチャンバーに設けられているので、加熱チャンバーにおける加熱量をそれほど多くする必要がなく、全体としてのエネルギー効率が最も高くなる条件を適宜選定できるという効果が得られる。また、請求項5記載の発明によれば、上記効果に加え、請求項1乃至4いずれかの効果を得ながら、太陽電池製造用の薄膜を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の実施形態の薄膜作成装置の概略構成を示す正面断面図である。

【図2】搬送機構5の構成を説明する側面概略図である。

【図3】成膜チャンバー1の側面概略図である。

【図4】加熱チャンバー3の側面概略図である。

【図5】ロードロックチャンバー2の側面概略図である。

【符号の説明】

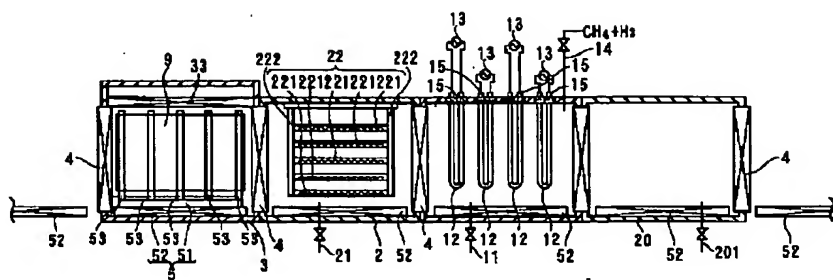
- 1 成膜チャンバー
- 11 排気系
- 12 高周波電極
- 13 高周波電源
- 14 ガス導入系
- 2 ロードロックチャンバー
- 21 排気系
- 22 温度低下防止機構
- 221 輻射加熱ランプ
- 3 加熱チャンバー
- 31 加熱機構
- 311 熱源
- 312 通風板
- 313 通風板
- 314 通風板



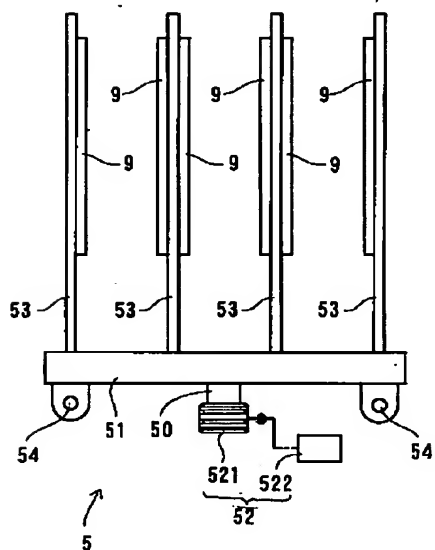
315 通風板  
316 送風機  
32 加圧用ガス供給系  
33 フィルタ  
4 バルブ

5 搬送機構  
51 ラック板  
52 ピニオン機構  
53 支柱

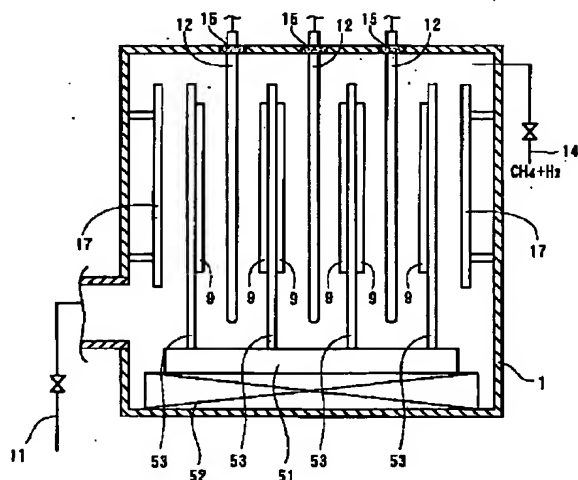
【図1】



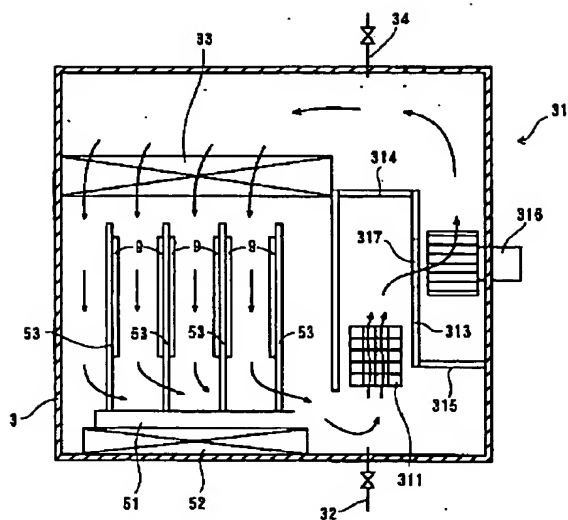
【図2】



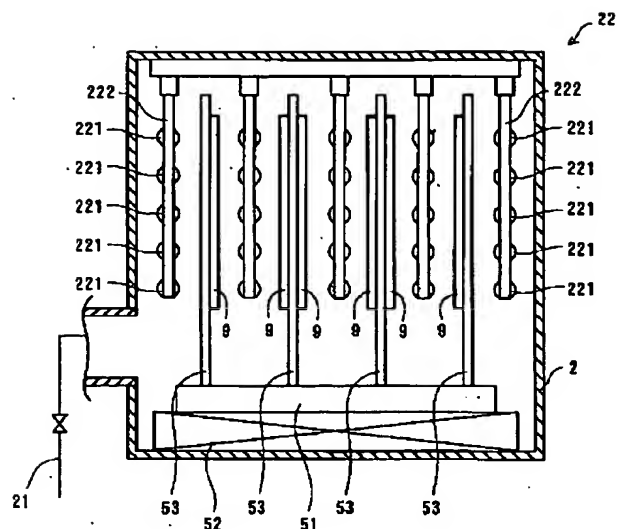
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01L 31/04

識別記号

F I  
H01L 31/04

キーワード(参考)  
V

Fターム(参考) 4G075 AA24 BC02 BC04 BC08 CA02  
CA13 CA25 CA34 CA47 CA65  
CA66 DA02 EA06 EC21  
4K030 AA06 AA17 BA30 BA31 DA02  
FA04 FA10 GA12 JA09 KA08  
KA23 KA41 LA16  
5F045 AA08 AB04 AC01 AD06 CA13  
DP20 DP21 EB08 EB09 EH12  
EK10 EK11 EN05 HA25  
5F051 BA14 CA12 CA13 CA15 CA22  
CA24 CA34